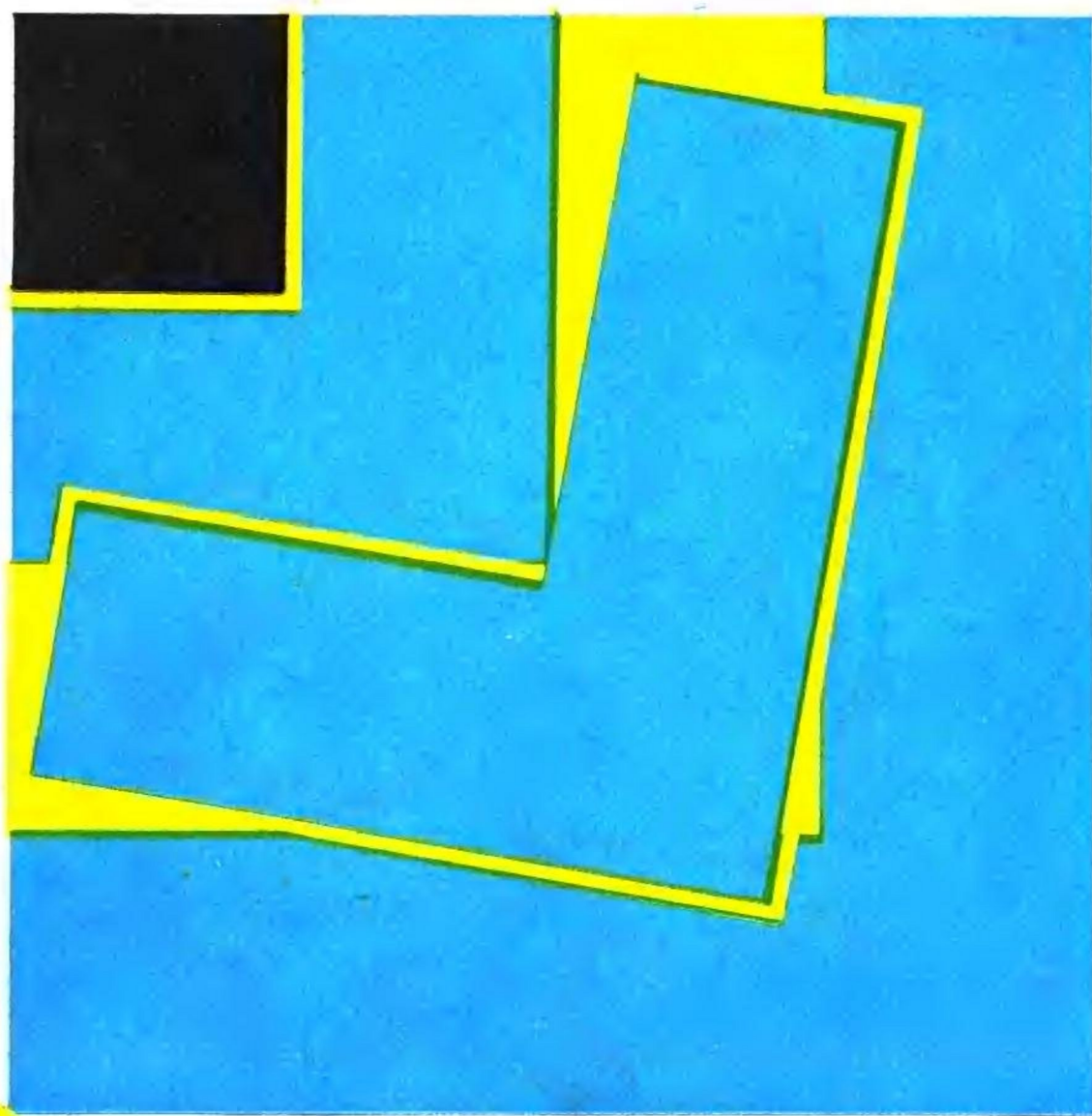


经济系统工程

赵松山 编



大连理工大学出版社

经济系统工程

赵松山 编

大连理工大学出版社

内 容 简 介

本书是把系统工程原理与方法用于经济领域的一本应用性教材。全书包括绪论（系统工程的概念、原则、程序与方法），经济系统的结构模型，经济系统的静态模型与静态优化，经济系统中若干问题分析，经济系统预测技术与决策技术，经济系统的动态描述与各类动态模型等内容。

本书可供财经院校、综合性大学、理工院校经济管理各专业的本科生和研究生使用，也可作为有关专业教师的教学参考书和从事经济管理实际工作者的自学用书。

经 济 系 统 工 程 Jingji Xitong Gongcheng 赵 松 山 编

大连理工大学出版社出版、发行
(大连市甘井子区凌水河)

辽宁省清原县印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：23 字数：564千字
1990年6月第1版 1990年6月第1次印刷
印数：0001—1500册

责任编辑：张亚军

封面设计：姜严军

责任校对：刘新锋

ISBN 7 - 5611 - 0244 - 5 / O·43

定价：8.00元

前 言

系统工程研究的对象,是各种系统的规划、研究、设计、建造、试验和使用的科学方法,这类方法对各种系统都具有普遍意义。系统工程是具有显著方法论特征的边缘学科,从来没有哪一类科学如同系统工程一样,运用了如此广博的自然科学和社会科学的成果,渗透到如此广泛的领域和学科中去。目前,系统工程在应用上已出现了许多分支,经济系统工程就是系统工程这株枝叶繁茂的大树上的一枝生机勃勃的新枝。

经济的发展,一靠技术突破,二靠物的重新组合,即向综合要效益,要速度。经济运行与管理的实践,向人们提出了如何最佳组织和利用各种人力、财力、物力和信息资源,如何维持人类经济活动的最佳环境,经济管理追求的目标是达到整体功能最优,寻求整体效益大于部分总和。应运而生的经济系统工程恰恰以它的系统思想和系统方法为经济的腾飞提供了组织管理的科学理论与方法。

目前已出版的系统工程教材多侧重于工程系统工程与企业系统工程。本书搜集了大量有关经济系统定量分析的模型,除了叙述静态经济系统定量分析的各类模型以外,还叙述了动态系统与随机系统的有关模型,并提供了一整套静态、动态的优化方法。

本书对经济系统的拓扑结构以及对宏观经济与微观经济中具有代表性的经济理论问题做了定性、定量的详尽分析。例如,国民收入增长速度、积累与消费比例、资源最优分配与最优计划、企业的投资、设备更新最佳周期、经济存贮、成本效益等问题的定量分析。

本书涉及的学科相当广泛,涉及到哲学、经济学、系统论、控制论、信息论、运筹学、最优控制、新三论(协同学、耗散结构、突变论),经济计量学等学科。对研究经济系统必要的数学知识,本书也作介绍,并有推导证明。数学基础薄弱的读者可以在侧重应用的同时,对数学推导证明有所取舍。

本书是在参阅了大量的系统工程专著和论文的基础上,结合给研究生、本科生、专修班等不同层次学员授课的实践而编写的。

大连理工大学系统工程研究所王众托教授、贺兆明教授审阅了本书原稿,提出了许多宝贵意见。书中引用了我在母校——大连理工大学听课时的笔记资料,在此对母校的有关老师表示谢意。

白雪梅编写了第三章第一、三节,第六章第一至四节,第七章第一、二、四、五节,第八章第一节,第十章第二节,并对全书作了文字修改。

由于水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请广大读者、同行指教。

赵 松 山

1988年2月于东北财经大学

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 系统与经济系统.....	(1)
第二节 系统工程及其原则.....	(5)
第三节 系统思想与系统方法.....	(10)
第四节 系统工程的程序和方法.....	(15)
第五节 系统工程在现代科学技术体系中的地位.....	(19)
第六节 经济系统的拓扑结构.....	(21)
第七节 系统目标的确定与分析.....	(24)
第八节 系统的建模、优化与评价.....	(27)
第九节 系统工程的内容和对系统工程的总评价.....	(31)
第二章 系统的结构模型	(32)
第一节 数学准备.....	(32)
第二节 结构模型的表示.....	(34)
第三节 结构模型的分解.....	(37)
第四节 结构模型的建立.....	(46)
第三章 静态经济系统的模型与优化 (一)	
—— 线性规划	(57)
第一节 经济系统中线性规划模型与图解法.....	(57)
第二节 线性规划的单纯形法.....	(61)
第三节 单纯形法经济解释.....	(75)
第四节 对偶线性规划问题.....	(77)
第五节 灵敏度分析.....	(89)
第四章 静态经济系统的模型与优化 (二)	
—— 非线性规划	(100)
第一节 经济系统中的非线性规划模型的建立.....	(100)
第二节 传统优化法.....	(101)
第三节 数值解法.....	(109)
第五章 静态经济系统的模型与优化 (三)	(132)
第一节 目标规划模型.....	(132)
第二节 整数规划模型.....	(137)
第三节 动态规划模型.....	(146)
第六章 经济系统的若干问题分析	(155)
第一节 盈亏转折分析.....	(155)
第二节 投资效果分析.....	(160)

第三节	设备更新分析	(163)
第四节	存贮控制分析	(169)
第五节	国民收入增长率的定量分析	(182)
第六节	最优积累率分析——平衡增长与最优增长	(189)
第七节	资源的利用与生产计划的优化分析	(194)
第七章	经济系统的预测	(202)
第一节	概述	(202)
第二节	确定性时间列序预测法	(205)
第三节	时序随机模型——博克思—詹金斯预测法	(215)
第四节	一元回归预测法	(229)
第五节	多元回归预测法	(237)
第六节	增长曲线预测技术	(245)
第七节	马尔可夫预测技术	(252)
第八章	经济系统的决策	(261)
第一节	不确定情况下的决策	(261)
第二节	风险型情况下的决策	(263)
第三节	对策问题	(275)
第四节	确定情况下的多目标决策	(287)
第九章	动态系统的描述	(301)
第一节	微分方程与差分方程	(301)
第二节	系统的状态方程	(307)
第三节	系统的能控性、能观性与稳定性	(320)
第十章	动态经济系统的模型	(325)
第一节	市场动态模型	(325)
第二节	人口动态模型	(333)
第三节	动态投入产出模型	(341)
第四节	数学规划型动态模型	(354)
第五节	典型宏观经济计量模型	(359)

第一章 绪 论

第一节 系统与经济系统

一、系统的概念

系统这个术语，人们并不陌生。在日常工作和生活中应用得相当广泛。例如水利工程中的灌溉系统、排涝系统；机器中的传动系统、润滑系统；人体中的消化系统、神经系统；一个组织机构中的政治思想工作系统、技术系统、后勤系统；国民经济中的工交系统、财贸系统、文教卫生系统等等。特别是系统论问世以来，系统已为各门学科竞相使用。

究竟什么是系统？系统就是由相互作用和相互依赖的若干部分组合而成的具有特定功能的有机整体。系统的定义具有四层涵义。

第一，系统是由一些元素，即组成部分结合而成的。构成系统的元素属性随系统的不同而不同，元素数目的多少是由系统复杂程度决定的。

第二，系统是具有一定结构，即按一定方式结合的元素组成的集合。例如，钟表是由齿轮、发条、指针装配而成的，但随便把一堆齿轮、发条、指针放在一起不能构成钟表，必须按各零件间一定的结合关系装配起来才行。又如机械加工车间是由机床组成的，但仓库里胡乱堆放的一批机床不能构成一个车间，必须遵循工艺要求把它们按一定顺序排列，并且按生产组织把它们开动起来才成其为车间。我国古代谚语说：“三个臭皮匠，顶上一个诸葛亮”，说的是几个普通人组织起来集思广益的集体智慧是惊人的。但俗话又说：“一个和尚挑水吃，两个和尚抬水吃，三个和尚没水吃”，为什么同样是三个普通人，会有如此悬殊的差别呢？这里的关键在于组织。所以我们特别强调系统要按一定方式加以结合。

第三，系统是以整体的方式与环境相互作用的，系统通过对环境的作用表现其特定的功能。对于自然系统来讲，叫做功能，对于人造系统是人赋予系统的功能，亦称目的性。由于系统的结构对系统的功能具有决定作用，所以，系统的结构方式，必须适应这种功能的要求。

第四，系统这个概念具有相对性。这种相对性是指在某一时期和某种场合下，某一事物可以看成是一个系统，而在另一时期和另一场合下，该事物只能看成是另一系统的元素或子系统。例如，对某个企业来讲，如果分析其投入—产出或内部管理等问题，则必须把它看成是一个系统；在分析该企业与其它单位的关联（最基本的是其原材料、资金、技术、劳力的输入及其产品的输出）时，就要把该企业看成是计划和流通过程中所涉及到的一切有关单位构成的大系统中的一个子系统；而在对企业所属的整个生产部门作规划时，往往把该企业看成是该生产部门的一个元素。

二、系统的特征

在解释系统的定义时，已经提到了系统的三个特征：

- 1、系统是由各组成部分结合而成的，这一特征叫作系统的“集合性”；
- 2、系统各部分是按一定方式相互联系，相互制约的，这一特征叫作系统的“关联性”；
- 3、系统具有一定的功能、目的，这一特征叫作系统的“目的性”。

此外，系统的特征还有：

4、对于任何一个系统来说，它总是在一定环境下存在和发展，它和环境之间总有着物质、能量和信息的交换。系统本身对这些物质、能量、信息进行转换加工。外界环境对系统有所“输入”，系统对环境有所“输出”。这可以用图 1 - 1 来表示。

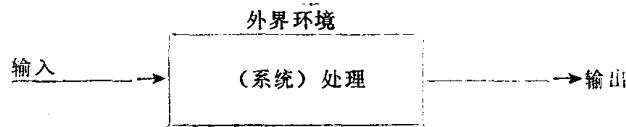


图 1 - 1

关于物质与能量“流通”的情况比较容易理解，关于“信息”的概念还须再解释几句。所谓信息，就是对事物及其运动状态的一种反映。“一叶知秋”、“山雨欲来风满楼”，这都是自然界的信思；进行生产和科学实验，测量得到的便是信息；读报纸、听广播、看电视得到的也是信息；发指示、下命令传达的也是信息；进行经济控制与调节依靠的还是信息。所以，系统工程特别强调获取和利用信息。

对于人造系统来说，上述物、能、信息流通表现为人员、资金、物资、机器的有组织的运动。一个有生命力的系统必须随着外界环境的变化而变化，系统的这一特征叫作环境适应性。

5、系统的动态性。动态性表现在两个方面：一个是在空间上，系统与环境之间的“流通”、“流动”就是动态的概念；一个是在时间上，系统本身从孕育、产生、发展、衰退到消亡的变化过程也是动态的概念。

6、复杂的系统具有层次性。对于某个系统来说，它既是某些要素（或子系统）组成的，同时，又是组成更大系统的一个要素（或子系统）。例如生命体有细胞、组织、器官、系统和生物体这几个层次；生态系统也有个体、种群、群落等层次；人类的机构组成也仿此而有局、处、科或工厂、车间、班组等层次。

当然，我们还可以列出系统的其它一些特征，诸如反馈性、整体性、再现性等等。

具有上述性质的整体，均称为系统。系统无所不在，无时不有。比如自然界一切皆为系统。太阳系是由太阳、行星、卫星等按一定运动规律所组成的一个秩序井然的恒星系统；银河系是由相互作用着的近一千亿个类似太阳系的恒星系所组成的星系系统；河外星云则是由十亿个类似银河系的星系所组成的星系团系统。人类社会亦是系统。社会本身就是由生产力和生产关系，经济基础和上层建筑按一定结构方式组成的复杂大系统。国家、政党、参加社会经济活动的各行各业和各单位，以及社会的细胞——家庭也均为系统。甚至社会实践也是由主体（人）、对象（外在世界）和中介（工具、机器等）构成的系统。同样，各种思维现象也具有系统属性。整个逻辑思维就是由一系列思维形式、思维方式和思维规律所组成的系统。这些系统都较易于为人们所理解，而日常生活中还有些事物的系统性却不易被人们所认识。例如，猫、田鼠、熊蜂和三色堇是种属相距甚远的一些动植物，但是，它们也构成了一个生物链系统。三色堇属兰科植物，它依赖熊蜂传递花粉受精；而一个地方熊蜂的数量同田鼠的数量直接相关，因为田鼠常常破坏熊蜂的蜂窝；而田鼠的多少又与猫的多少密不可分。

它们彼此相互制约、相互作用，保持某种生态平衡。总之，世界上没有一种事物不属于一定的系统。系统乃是物质存在的普遍方式和属性。

三、经济系统

由各种经济要素组成的系统就是经济系统。这些经济要素既包括劳动力、资金以及原材料、工具、设备、土地、厂房、产品等经济物质，也包括技术和政策等方面的经济信息。经济物质和经济信息在各经济元素之间流动着，构成了它们的相互联系；经济物质和经济信息在系统和环境之间流动着，构成了经济系统的输入和输出，并完成其经济功能。

经济系统的元素是完成某种功能而无需进一步再分的单元。例如，取某企业为经济系统，而把车间看成是它的元素。如果以车间为元素，则它现有的设备、劳动力和劳动对象的储备等都可以作为它的属性。

经济系统的联系也叫做经济耦合，指的是各经济要素之间的因果关系链。最常见的经济耦合就是分工协作造成的投入——产出关系。联系可以是单向的，也可以是双向的，还可以通过第三者来传递。两个元素之间的联系可以由某一元素的输出与另一元素的输入之间的关系表示。从性质上讲，元素之间的联系主要有如下几种：共生关系（同步关系），协同关系，依附关系（制约关系），连带关系，离异关系以及对抗关系等等。

经济系统作为统一的整体并具有一定的功能，都要通过元素之间的联系来实现。在经济系统中各元素的联系可以通过指令性（或指导性）计划而形成，也可以在市场机制的作用下自发形成。

经济系统的环境与适应性。系统与环境是相互依存的。不论问题如何复杂，解决问题的方案的完善程度总是依赖于对整个问题的环境的了解程度。因此了解经济系统的环境是分析经济系统的第一步。例如，以某企业作为一个经济系统，则系统主要包括的是劳动力、资金、土地（厂房）、原材料和设备等；环境包括用户、竞争者或合作者、政府法令、社会舆论、生态以及技术水平和力量等。这些因素究竟划归系统还是划归环境，或者划归的比例有多大，要依所解决的问题而定。这就是说系统的边界并不是恒定的（参见图1-2）。例如，对于技术水平和力量来说，在考虑投入——产出率时主要应划归系统，而在考虑科学技术对经济发展的影响时则主要应划归环境。

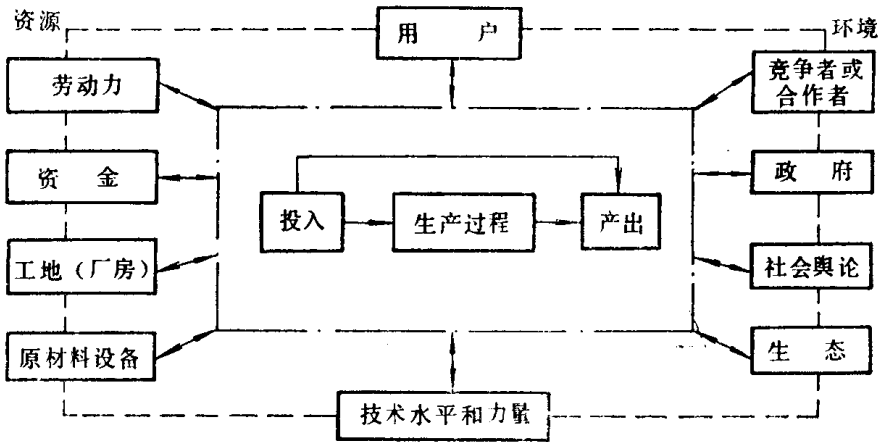


图 1 - 2 企业经济系统与环境

若把整个国民经济当成一个经济系统用E表示，则系统E又分别与社会系统S和自然系统N相交（见图1-3），未相交者都是经济系统E的环境。这两个环境与经济系统的相互作用表现为：首先，经济系统受到它所处的自然环境和社会环境的影响和制约；其次，经济系统又可以作为“自然—社会”流的转换机构，使物质的自然形态（自然的力量）不断地变为社会形态（人类的力量），并通过反馈回路返回自然（扩张人类向自然推进的“边界”），从而完成人类征服自然的一个循环。从自然系统和经济系统的交集角度来看经济系统，主要着重于技术——经济方面的问题；从社会系统和经济系统的交集角度来看经济系统，主要着重于社会——经济方面的问题。

适应性是经济系统为响应其环境变化而具有的学习能力和改变内部运行机制的能力。在变化较小或变化方式固定的环境中，集中性和刚性较强的经济系统具有较好的适应性。在变化较大或变化方式多样的环境中，分散而有弹性的经济系统具有较好的适应性。例如，在国民经济各部门发展比较平衡时，就每个部门而言，它的外部环境比较稳定，采取集中的管理方式、比较多的指令性计划来安排各组成部分的活动或许尚能适应。相反，当各部门发展不平衡时，尤其是在因调整经济结构而发生较大变动时，每个部门的外部环境都处于较复杂的变动之中，这时，一般采取较分散的管理方式，以更多的指导性计划来安排各组成部分的活动则是有益的。

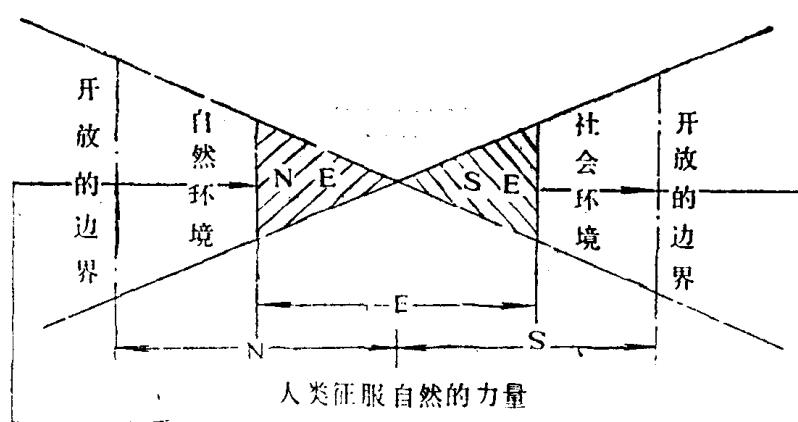


图1-3 宏观经济系统与环境

四、系统的分类

为了便于研究系统的性质，人们常常根据系统的不同形态作如下分类。

1、根据系统的目的性，可划分为自然系统和人造系统。

自然系统指由自然物天然形成的系统，如天体系统、海洋系统、生物系统、矿藏系统等。自然系统的行为只有“自在目的”。

人造系统是指为达到某种目的而人为地建立起来的系统，如生产系统、交通系统、管理系统等。人造系统的行为是有“自为目的”的。

在现实生活中，大多数系统是自然系统和人造系统相结合的复合系统。比如一个工厂，它既有天然的原料和燃料，又有人造的机器和人为的一套管理制度，它是属于“人一机”和

“自然——社会”的复合系统。

2、根据系统的物质性，可划分为实体系统和概念系统。

实体系统是以自然物、人造物和人等实物要素构成的系统。如一座水电站，一架飞机都可视为实体系统。

概念系统是指由概念、原理、原则、方法、制度、程序等观念性的非物质实体所构成的系统。如学科体系、法律条文、管理制度等均属概念系统。

3、根据物体的运动状态，可划分为动态系统和静态系统。

动态系统是指系统的状态随着时间的变化而变化（即系统的状态变量是时间的函数）。如各种生产系统、生物系统都是动态系统。反之称为静态系统。静态系统只是动态系统的一种暂时的极限的状态。实质上，任何系统都是动态的，绝对稳定、静止不动的系统是不存在的。

4、根据物体之间的关联程度，可划分为开放系统和封闭系统。

开放系统是指不断同外界环境进行物质能量和信息交换的系统。如一个城市、一个工厂等都是开放系统。开放系统的最重要的特性，就是它在同环境进行物质、能量和信息的交换中，能保持自身的有序性和自组织性。如最简单的生命系统，就是靠吸收养料和排泄废物等新陈代谢活动来维持有机体的延续和发展的。反之，不受周围环境影响的系统称为封闭系统。在封闭系统中，通常由于不可逆过程的存在，系统的熵会趋于增加，直至达到它的极大值。

5、根据系统的属性，可划分为工程系统、生命系统（其中包括生物系统与生态系统）和经济系统。

此外，依据系统的其它特点还可以把系统划分为控制系统和行为系统，线性系统和非线性系统，确定系统和随机系统，连续系统和离散系统，定常系统和时变系统等等。

虽然系统有许多种类，但就其基本结构来说，不外乎由输入、贮存、控制、处理和输出等五部分组成的。比如一个自动装配线系统，原件放置处是输入装置，工具、零件和半成品库是贮存装置，各种装配机器是处理装置，指令各种机器行动按程序动作的是控制装置，成品出口处是输出装置。

系统工程处理的系统，多半是人造的动态的开放的实体系统。而越来越多的人对经济系统产生了很大的兴趣。经济系统就是一个人造系统和自然系统相结合的复合系统。

第二节 系统工程及其原则

一、系统工程的产生与发展

生产斗争与社会实践是科学技术发展的动力。系统工程技术与其它科学技术一样，是从人们长期的生产斗争与社会实践中发展起来的。系统工程的基本思想是“择优求好”的思想，对此我们并不生疏，而且常常在生活与工作中自觉不自觉地加以应用。在我国古代许多著名的工程建筑中，也闪烁着朴素的系统工程的基本思想。例如，早在公元前250年的战国时期，李冰父子带领劳动人民修筑都江堰，把分洪、灌溉、排砂在一个工程中巧妙地结合起来，并建立了一套维修管理的规章制度，使该工程至今仍发挥作用。北宋真宗时皇宫失

火，大臣丁谓主持修复工作，他面临烧砖无土，大型建筑材料无法运输，清墟无处排放等重重困难，提出了一个方案：在皇宫前的街道挖沟取土烧砖，解决了取土问题；放水入沟当运河，用船运大型木石料，解决了运输问题；然后用废瓦回填，既修复了大街，又解决了清墟排放问题。丁谓在历史上虽然因修昭应宫而没有留下好名声，但他“一举而三役济”的施工方案，却为后人所称道。丁谓高明之处，就在于他并不是去分头解决挖土烧砖制瓦、运输建筑材料和清除废墟的问题，而是把三者视为相关的整体加以协调处理。上述两例中综合解决问题的思想便是出色的系统工程思想。再如，田忌赛马的故事。战国时代齐威王与大臣田忌经常赛马，比赛时，二人各出上、中、下三马，上马对上马，中马对中马，下马对下马。因为齐威王每个等级的马都比田忌的强，所以田忌屡屡失败。后来，军事家孙膑给田忌出了个主意，让他以下马对齐威王的上马，再以上马对齐威王的中马，最后以中马对齐威王的下马，结果田忌一负二胜。在这个对策例子中，也体现了“择优求好”的系统思想。由此可见，朴素的系统工程思想在我国可谓源远流长。

但它真正得到迅速发展，并形成一大门类工程技术，却还是第二次世界大战以来的事。系统工程起源于美国，它的萌芽阶段，可追溯到本世纪初的泰罗管理制度。泰罗从合理安排工序提高工作效率入手，研究了管理活动中行动与时间的关系，探索了管理科学的基本规律。40年代以后，运筹学进入管理领域，使管理工作与最优化发生了关系，从而引进了定量分析的方法。进入50年代，由于电子计算机的投入使用，使许多复杂问题的求解成为可能，致使运筹学得到了更加广泛的应用，也为系统分析提供了理论和方法，于是产生了“系统工程”的概念。概念的首创属贝尔电话公司，贝尔电话公司在考虑横跨美国东西部的微波通讯网时，感到除了电话机、交换台等设备部件必须研究外，更需要研究通讯网络的整体，并把研究这样一个有特性的问题起名为系统工程。60年代以来，系统工程得到更迅速的发展。后期，美国有些院校已逐步开展了对系统工程的研究，设立了系统工程系、专业或研究中心，有关系统工程的论述也不断出现。1957年，美国学者顾杰和马可尔写了第一本以“系统工程学”命名的书籍。1965年，美国出版了一本“系统工程手册”。至此，系统工程才成为一门独立的学科。

系统工程真正受到人们重视，可以说是从1972年美国阿波罗登月开始的。阿波罗飞船登月，宇宙开发计划的成功，它引起人们对系统工程的广泛关注。

系统工程的发展和实际应用中所取得的成就，引起了世界各国的普遍重视。1972年成立了“国际应用系统分析研究所”，先后有17个国家参加。

目前，系统工程的推广、研究与应用，在我国正积极而迅速的开展起来。

二、系统工程的定义

1、从工程原义的演变说明什么是系统工程。

“工程”这个词，18世纪在欧洲出现的时候，本来专指作战兵器的制造和执行服务于军事目的的工作。从后一含义又引伸出一种看法，把服务于特定目的的各项工 作总称为“工程”，也可以更简单地把工程理解为工作的实践过程。因此，工程可视为人改造客观世界的实践。由于实践的对象不同，所以工程也有许多种划分。比如人改造河川的实践称为水利工程；人应用电力的实践称为电力工程；人建筑房屋的实践称为土木工程；人制造机器的实践称为机械工程，等等。可见，每种工程都有自己的研究对象和任务。而研究这些实践共性的

任务，则由系统工程来承担。从这个意义上讲，系统工程就是研究人改造客观世界的共性的实践。什么是这些具体工程的共性问题呢？不管什么工程都有规划、设计问题，组织管理问题，综合控制与自动化方面的问题。规划、设计，组织管理，综合控制、自动化的实现，要利用各种科学方法和技术，这个方法和技术就是系统工程，即从共性着眼来研究规律性的为系统工程。所以系统工程是工程的工程，是技术的技术。

2、从不同侧面来说明什么是系统工程。

首先从字义上看，系统工程有系统与工程两个方面。从系统看工程指的是用系统的思想和方法去解决工程性的问题；从工程看系统，是指用工程的方法去建造系统。两方面结合，就使传统的工程增加了新内容。系统思想与系统方法将在后面详细介绍，这里只提一下工程的方法。工程的方法是处理工程问题时的科学方法，包括：构思（结构与原理）、原则（技术的、经济的、政治的、社会的）、计算（对某些关键部分的原理性和整体输出）、试验（结构、材料和参数）和设计等几个环节。用系统思想作指导，以系统方法和工程方法为工具，去建造人们所需要的新系统或改造原来的旧系统，使之更合理、更完善、更科学。

其次，从系统工程与一般工程的区别上看，系统工程具有高度综合性。这表现在三个方面：1、研究对象的综合性。一般工程有它自己特定的物的对象。如机械工程的对象是机械。系统工程则不能把它的研究对象局限在某一特定范围。它可以把机械这种物质的东西作为对象，也可以把非物质的东西作为研究对象，比如，可把自然现象、社会现象、管理方法和程序概念等作为对象。2、学科知识的综合性。这与研究对象的综合性有关，如同一般工程学那样，它应用数学、物理、化学等基础自然科学，但是对控制论、信息论、管理科学、某些工程技术等学科，甚至医学、心理学、社会学、经济学、法学等也能用到。综合运用各类学科知识，是为了达到给定系统的目的服务的。3、考核效益的综合性。一般工程学较多着眼于技术合理性，如技术性能、结构、效率等，而系统工程则是从总体的最优出发，考虑功能、组成、协调、规划、效果等组织管理性质之类的问题，考察经济的、技术的和社会的效果。

再次，从系统工程学的组成方面看，它包括三个方面：1、系统工程处理问题，有自己的思路与方法，即系统的思想与系统的方法。2、系统工程有自己的程序体系。系统工程的独特的程序是按系统方法，把系统开发、设计、制作、应用的程序具体化了的的东西，也可以凭经验创造出来。系统工程有原则上的一般程序，但也有各自的程序。即对象不同其程序也不完全相同。3、系统工程有自己的方法体系。系统工程的方法体系，就是在实际展开系统工程程序的时候，所使用的各种方法的体系。这些方法，以运用应用数学的技巧为主，也包括其它各种学科的应用手段，故它具有各种学科的应用方法体系的性质。必须在理解各种基础学科的基础上去掌握作为理论上的方法体系的系统工程的方法体系，必须在实际运用的经验中，去体会，去掌握系统工程各种方法的实际应用技巧。

这里列举一些国内外学术界对系统工程的解释和看法：

“系统工程是为了更好地达到系统目标，而对系统的构成要素、组织结构、信息流动和控制机理等进行分析与设计的技术”（1967年日本工业标准JIS）。

“系统工程是一门把已有学科分支中的知识有效地组合起来用以解决综合性的工程问题的技术”（1974年大英百科全书）。

“系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一

种对所有系统都具有普遍意义的方法”（1982年钱学森《论系统工程》）。

上面这些定义都从不同侧面说明了系统工程这门学科的对象和范围。为加深理解这些定义，我们作如下说明。

系统工程既然是一门“工程”，那么就应特别强调它在改造客观世界上的作用和效果，因此它是一门应用技术。这里的“工程”是指为完成某项任务而提供决策、计划、方案、方法、工作顺序等。因而系统工程是一门“软”技术。

系统工程是一门跨越各个学科领域的方法性学科，有两个涵义，一是说它的思想与方法适用于许多领域；另一个说它不仅涉及科学技术，还涉及经济、社会、心理因素。需要使用各个学科的原理与方法，形成自己的思想与方法。它是一门横向学科，解决共同性问题的，可用图1-4表示。

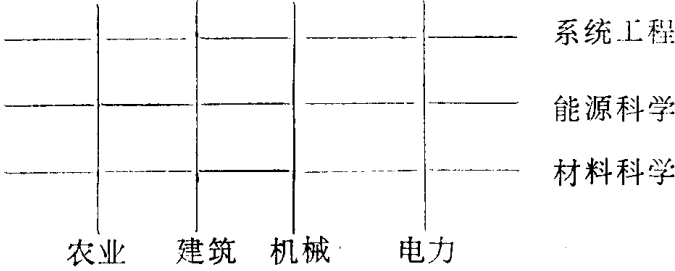


图1-4

系统工程中的概念和原则是本质的，是第一位的，一些数学方法是手段，是从属于概念和原则的。

总而言之，系统工程是一门纵览全局、着眼整体、综合利用已有的各学科的思想与方法，处理系统各部分的配合与协调，借助于数学方法与计算机，规划、设计、组建、运行整个系统，使系统的技术、经济、社会效果达到最优的方法性学科。

三、系统工程的原则

（一）整体性原则。系统工程要求以系统的整体性作为基本出发点，即始终坚持从整体出发，去认识、研究和处理考察对象。不从整体出发，既不能正确认识事物的整体性质和整体规律，也不能正确认识事物整体中的各部分。所谓从整体出发，其一是说无论研究、设计和解决任何系统客体的问题，从目标选择到确定评价标准和系统决策，都必须从整体着眼，即从整体目标出发认识局部事物的作用，并规定他们之间的联系。例如，制定国民经济计划就要首先着眼于整体的发展，然后根据这个总体目标去确定各个部门发展的比例关系，而决不能从部分着眼，先确定各个部门的发展计划，尔后再去制定整体计划。其二是说在研究方法上，要把整体作为起点，从整体到部分再到整体。整体性原则要求我们从整体出发去研究事物，并非意味着不需要对研究对象进行分解。恰恰相反，它既要求我们从整体着眼，又要求我们从局部入手。对局部的研究必须放在整体之中，从它和整体的各部分的联系、制约中去加以研究。比如，我们对一个工厂中某一个车间或某一个加工环节的研究，就不能离开它对全厂的影响、对其它各车间、各环节的依赖去孤立地讨论它。

整体性原则还要求我们考虑系统对环境的适应性。而要使系统与环境相适应，无非是调节系统的内部结构，使其适应周围环境，或改变周围环境，使其适应系统发展的需要。现实中，常遇到一个系统中各局部考虑得很仔细，但却没有或很少考虑全局的事例。特别是各局

部或局部与全局有矛盾时，常有只顾局部而损害全局的情况。所以，我们强调局部服从全局，强调全局观点都是系统工程的整体性原则的要求。

整体性原则不仅要求注意分析系统在空间上的纵横交错的联系这种空间上的整体性，而且还有一个时间上的整体性问题。这就是要看系统的整个生命周期，要把各个时间阶段联系起来看，不能只顾当前，忽视长远。

（二）综合性原则。有下面几方面的含义：

一是指系统目标的多样性与综合性，例如企业系统的生产既要求产量大，又要求质量高、成本低，如果片面强调某一方面，就会产生偏差。

二是处理问题时要全面综合考虑一项措施引起的多方面的后果。工业生产提供了产品，但同时排放出“三废”，造成对环境的污染。毁林开荒虽然得到一些农产品，但造成水土流失。正如恩格斯说的：我们不要过于得意我们对于自然界的胜利，对于我们每一个胜利，自然界都报复了我们。

为了进一步说明这种相互影响，我们举一个例子。由于农村能源短缺，不得不伐林，甚至采伐草根作燃料，这样就破坏了生态平衡，如图 1 - 5 以示。从图中可见由于某项措施失当，会引起恶性循环。如措施得当，就会引起良性循环。

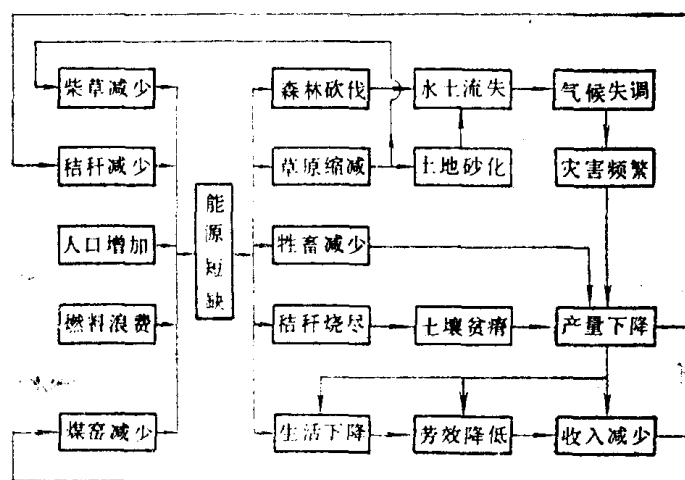


图 1 - 5

三是解决同一个问题可以有不同的方案。为了达到同样一个目的，可以有不同的途径与方法。例如为了保水，可以采取地面水库、地下水库、绿色水库（指山区造林种草）等不同方案，也可以综合使用几种方案。

系统工程是一种综合艺术。它要综合利用各种技术，把对系统的各个要素，各个方面的认识统一起来进行考察，通过综合获得整体效益。说系统工程是研究物的重新组合，正是说系统工程处理问题遵循综合性原则，使系统功能大于各部分功能之和的论点。可见，综合不仅可以导致数量上的增多，尤其重要的是可以产生质变，带来创造。美国阿波罗登月飞船是公认的一件重大的发明创造。其实，飞船上的每件东西都是原来已有的，采用的单项技术也都是已有的成熟技术，只是很巧妙地把它们综合起来，就成了登月飞船，创造了奇迹。

（三）科学性原则。所谓的科学性，就是要按科学规律办事。一方面应该有一个严格的工作步骤和工作顺序，另一方面应该尽可能做到定量分析。我们前面虽然说过系统工程的概念和原则是本质的，数学方法是手段，但绝不是说数学方法不重要。为了准确地运用概念

和原则,我们应该尽可能地运用数学工具,建立数学模型,并进行优化分析。

总之,我们要着眼于整体,综合分析,采用科学方法进行工作,正确处理系统功能与结构的关系,以达到最好的效果。

第三节 系统思想与系统方法

系统工程的实质是方法论。现在我们从方法论的角度讨论怎样运用系统思想和系统方法来分析研究各种事物。

一、系统思想和系统方法

(一)系统思想。系统思维来源于古代人类的社会实践。自人类有生产活动以来,无不在同自然系统打交道。古代农事著作,早就对农作物与种子、地形、土壤、水份、肥料、季节、气候诸因素的关系作出辩证的叙述。周秦至西汉初年古代医学总集《黄帝内经》强调人体各器官的有机联系,生理现象、心理现象与自然环境的联系。可见,人类在知道系统思想、系统工程之前已在进行辩证地系统思维了。

朴素的系统概念,不仅表现在古代人类的实践中,而且在古代哲学思想中得到反映。古希腊人赫拉克利特在《论自然界》中说“世界是包括一切的整体”就是一例。我国春秋末期思想家老子也有强调自然界的统一性的论著。

19世纪上半期,自然科学已取得了伟大的成就,特别是能量转化,细胞和进化论的发现,使人类对自然过程的相互联系的认识有了很大提高,因此系统思想得到了发展。自然科学为唯物主义哲学提供了丰富的材料。恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》中说“……世界不是一成不变的事物的集合体,而是过程的集合体”。在《反杜林论》中指出:“思维既把相互联系的要素联合为一个统一体,同样也把意识的对象分为它们的要素,没有分析就没有综合。”所说的“集合体”、“统一体”就是我们系统工程里所说的“系统”。因此,辩证唯物主义所体现的物质世界普遍联系及其整体性的思想,就是系统思想。

系统思想是进行分析与综合的辩证思维工具,它在辩证唯物主义那里取得了哲学的表达形式,在运筹学等系统科学那里取得了定量的表达形式,在系统工程那里获得了丰富的实践内容。这就是系统思想从经验到哲学到科学,从思辩到定性到定量的大致发展情况。人们在长期运用系统思想分析和解决问题的基础上,加以科学的抽象概括,从而形成了一种崭新的科学方法——系统方法。

(二)系统方法。所谓系统方法,就是把对象放在系统的形式中,从系统观点出发,从系统和要素、要素和要素、系统和环境之间的相互联系和相互作用的关系中综合地、精确地考察对象,以达到最佳地处理问题的一种方法。例如,设计一个水利枢纽工程,系统方法首先根据所在地区的气象、地质、地理等环境条件与系统的关系,根据需求和可能确定该系统一个最佳目标。然后,研究这个系统的结构组成,确定它如何分成若干个组成要素(子系统),如防洪、灌溉、发电、航运等;每个子系统又如何划分为更低一级的分支系统,再在总体统一协调下求得整个系统的优化。由此可见,系统方法的着眼点在于:

1、把对象看成是多因素、多变量的整体，从分析和研究对象的诸要素之间的复杂关系中认识对象特有的机制；

2、研究各构成要素的性质、构造与系统整体性质的内在关系，从而去认识和评价各要素对整体的作用程度；

3、依据各要素对整体的作用程度，结合外部环境对系统的作用，选择最佳方案去安排系统的各个组成要素或子系统。

系统方法一般包括以下几个步骤：第一，根据需求和可能研究制定系统的总目标，确定目标函数，并围绕这个总目标去考虑一切。第二，为实现这个总目标，要确定系统结构的组成及其相互关系，确定若干可行的方案。第三，根据确定的方案，分别做出模型以模拟系统的实际情况。第四，根据模型的数据进行方案比较，选出最佳方案。

系统方法和以往方法有许多不同之处。首先，以往一些方法往往采取“由下而上”、“由细而总”的程序首先分析对象的各个部分，然后综合为整体。这种方法着眼于一个个要素，进而确保整体的性能，其逻辑结论是组成整体的要素好，整体性能就好。而系统方法却是一种“由上而下”，“由总而细”，即从整体出发，先综合，后分析，最后又回到综合的方法。它不只是着眼于个别要素的优良与否，而是要求巧妙地利用要素和子系统之间的联系，来提高整体的性能。在系统方法看来，即使要素的性能一般，也可以通过系统要素的相互作用而构成性能很好的系统。据报前几年苏联的一架“米格25”型飞机飞到日本，经检查发现飞机的许多零件并不先进，但其整体性能，如爬高能力和飞行速度等，却是世界第一流的。

其次，以往的一些方法在认识功能上大致可分为两类，即确定目标的方法和实现目标的方法。其中较多的是实现目标的方法，这其中包括接受信息的方法（如观察方法、实验方法、调整方法等）和加工信息的方法（如分析和综合、归纳和演绎、科学抽象方法）。确定目标的方法则比较薄弱，主要靠经验判断和逻辑分析。而系统方法把确定目标和实现目标的两种认识功能有机地结合起来。比如，系统方法提供的系统分析，在确定目标方面发挥了重要功能。它通过对特定问题周密地必要地调查，掌握大量的数据，并通过精确计算，提供各种目标和方案，供决策者进行最佳抉择。系统方法使确定目标得以程序化、精确化，从而使其效果最佳。同时，系统方法还可以通过程序设计、具体计划、研制、生产、安排、运行等阶段，来实现既定的目标。可见，系统方法是兼备了确定目标和实现目标两种功能的一种科学方法。

另外，在以往的一些方法中，人们采取质与量分别考察的方法来认识事物，把认识事物的方法分为定性方法和定量方法。系统方法则把两者集于一身。它不仅可以定性地揭示系统的性质和机制，而且还可以借助数学语言定量地、准确地描述系统的运动状态和规律。

系统方法的基本原则有：

1、整体性原则。系统方法的整体性原则根源于系统整体性。系统的整体性第一基本特征就是系统、要素和环境之间的有机联系性。系统和要素有机联系表现在两个方面：一是任何系统都是由若干要素构成，系统的要素（或叫组成部分）乃是系统整体赖以存在的基础，并对系统整体具有一定程度的决定作用；二是系统的组成部分只有在整体中方能体现它具有部分的意义。离开了整体，这个部分就失去了作为整体的部分的意义。系统的要素与要素之间是相互联系和相互作用的，正是系统诸要素之间的这种内在的有机联系，才使系统具有了整体的质和整体功能。此外，系统与环境也在不断地进行物质、能量、信息的交换，只